

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ФГБОУ ВПО "Уральский государственный лесотехнический
университет"**

Кафедра Охраны труда

к.т.н., доц. Зинин А.В.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по курсу**

"Безопасность жизнедеятельности"

ШУМ И ШУМОЗАЩИТА

Екатеринбург - 2014

Печатается по решению методической комиссии института ИЛБиДС
Протокол № _10_ от _3_ июля 2014 г. __

Рецензент – профессор, д.т.н. Старжинский В.Н.

Редактор

Подписано в печать		Поз.	
Плоская печать	Формат 60 x 84 1/16	Тираж	экз.
Заказ	печ. л.	Цена	

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ШУМЕ	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ "ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ"	20
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	20
2. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	23
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ "ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩЕГО КОЖУХА"	28
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	28
2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	34
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ "ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ"	36
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	36
2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	42

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ШУМЕ

Акустический шум является распространенным физическим опасным и вредным производственным фактором, влияющим на окружающую среду и людей. Измерение параметров шума, нормирование и контроль приобретают все большее значение: разработаны стандарты, устанавливающие технические требования на средства измерения, термины, измеряемые величины, единицы измерения и обозначения.

Уровни акустического шума определяют относительно опорных (пороговых) значений:

звукового давления $L_p = 2 \cdot 10^{-5}$ Па;
 интенсивности звука $J = 10^{-12}$ Вт/м²;
 звуковой мощности $W = 10^{-12}$ Вт.

Воздействие шума

Шум с уровнем звукового давления 100-120 дБ на низких частотах и 80-90 дБ в среднем и высокочастотном диапазонах приводит к временному повышению порога слышимости, которое при постоянном воздействии в течении 10 лет переходит в необратимое снижение слуха. При этих уровнях шума требуется больше физических и нервно-психических усилий, чем при уровне звукового давления ниже 70 дБ. Это приводит к быстрой утомляемости, снижению концентрации внимания и, как следствие, производительности труда, служит причиной увеличения брака и числа случаев производственного травматизма. Перенапряжение центральной нервной системы в процессе труда и отдыха вызывают такие серьезные болезни, как гипертоническая и язвенная, желудочно-кишечные и кожные, неврозы. Повышенный шум вызывает головокружение, беспричинную раздражительность, головные боли, неустойчивое эмоциональное состояние, при этом с увеличением стажа работы повышается число лиц с жалобами на плохую переносимость шума.

Четко определенным на сегодняшний день повреждением организма от воздействия шума в классическом понимании, которое в современной медицине принято считать неизлечимым, является тугоухость (неврит слухового нерва). Основным признаком тугоухости служит сильное понижение чувствительности слуха на высоких частотах. Слух считается поврежденным, если среднеарифметическая величина постоянного смещения уровней порога слуха, определенная аудиометром на частотах 500, 1000 и 2000 Гц составляет не менее 25 дБ по сравнению с соответствующим средним уровнем по стандарту ИСО 389. Различают три степени потери слуха:

I степень (легкое снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот 500-2000 Гц составляет 10-20 дБ и на частоте 4000 Гц – 60 ± 20 дБ;

II степень (умеренное снижение слуха) – потеря слуха соответственно составляет 21-30 дБ и 65 ± 20 дБ;

III степень (значительное повреждение слуха) – потеря слуха соответственно составляет не менее 31 дБ и 78 ± 20 дБ.

Вызванное шумом повреждение слуха включено МОТ в перечень профессиональных заболеваний.

Таким образом, шум приводит к весьма существенным изменениям в функциональном состоянии организма в целом и появлению нового заболевания современности – шумовой болезни. В руководстве шумовую болезнь определяют как общее заболевание организма с преимущественным поражением органа слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, развивающееся в результате длительного воздействия интенсивного шума.

Воздействие инфразвука

Звуковые волны оказывают выраженное неблагоприятное действие на организм, особенно на психоэмоциональную сферу, влияют на работоспособность, сердечно-сосудистую, эндокринную и другие системы. Люди хуже всего чувствуют себя при воздействии инфразвука и воздушных вибраций около 7 Гц (резонанс грудной клетки и брюшной полости).

Ориентировочной характеристикой для оценки наличия инфразвука, является уровень звукового давления, измеренный по шкале шумомера "Линейная". Для оценки степени выраженности инфразвука используется разность между показаниями шумомера по шкале "Линейная" (дБ Лин) и с использованием частотной коррекции А (дБ А). При разности уровней дБ Лин – дБ А менее 10 дБ – уровни инфразвука незначительные, при разности от 11 до 20 дБ – имеет место инфразвук низких уровней, более 21 дБ инфразвука значительные.

В международном стандарте ИСО 7196 отмечается, что нормальный порог восприятия инфразвука значительно выше, чем на слышимых частотах (около 100 дБ или 20 мкПа на 10 Гц), в то время как, устойчивость к высоким уровням не увеличивается, соответственно. В результате динамический ряд меньше, и темпы роста чувствительности с увеличением уровня звукового давления значительно выше. В частотном диапазоне 1-20 Гц звуки, воспринимаемые "средним" человеком, соответствуют уровням (измеренным с использованием введенной этим стандартом специальной частотной коррекции G), близким 100 дБ G. Очень громкий шум будет давать уровень звука порядка 120 дБ G, всего на 20 дБ выше. Инфразвуки с уровнем звука ниже 90 дБ G не будут существенными для восприятия "средним" человеком.

Выделяют следующие зоны активного и пассивного воздействия инфразвука.

Зона "функционального покоя" – верхняя граница 85-90 дБ G. В этой зоне инфразвук не оказывает влияния на организм.

Зона "функционального утомления" – верхняя граница 105-115 дБ G. Для этой зоны пребывание в условиях относительного звукового покоя (ниже 90 дБ G) в течение 15-20 мин обеспечивает полный восстановительный процесс. При сроках воздействия до 15 сут. (110 дБ G) изменения в организме не-

сят аналогичный характер, но время восстановительных процессов составляет около 6 ч.

Зона "функциональных начальных деструктивных изменений" – верхняя граница 125-140 дБ G (у миокарда 115-120 дБ G). На восстановительные процессы в этой зоне требуется 2-2,5 сут. пребывания в условиях относительного звукового покоя (ниже уровня 90 дБ G). При больших уровнях звука начинается зона необратимых деструктивных изменений в организме.

Воздействие ультразвука

При систематическом воздействии интенсивного низкочастотного ультразвука (октавные полосы со среднегеометрическими частотами 16-63 кГц) с уровнями, превышающими предельно допустимые, у работающих могут наблюдаться функциональные изменения центральной и периферической нервной системы, сердечно-сосудистой, эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов, гуморальные нарушения. Наиболее характерным является наличие вегетососудистой дистонии и астенического синдрома. Лица, длительное время обслуживающие низкочастотное ультразвуковое оборудование, жалуются на головную боль, головокружение, общую слабость, быструю утомляемость, расстройство сна, сонливость днем, раздражительность, ухудшение памяти, повышенную чувствительность к звукам, боязнь яркого света. Встречаются жалобы и на похолодание рук, приступы бледности или покраснения лица, а также жалобы диспептического характера.

По сравнению с высокочастотным шумом ультразвук слабее влияет на слуховую функцию, но вызывает более выраженные отклонения от нормы со стороны вестибулярной функции.

Эффекты, вызываемые ультразвуком, условно подразделяются на следующие:

механические, вызываемые знакопеременным смещением среды, радиационным давлением и т.д.;

физико-химические, связанные с ускорением процессов диффузии через биологические мембраны, изменением скорости биологических реакций;

термические, являющиеся следствием выделения тепла при поглощении тканями ультразвуковой энергии, повышением температуры на границах тканевых структур, нагревом на газовых пузырьках;

эффекты, связанные с возникновением в тканях ультразвуковой кавитации (образование с последующим захлопыванием парогазовых пузырьков в среде под действием ультразвука).

Среди работающих с источниками контактного ультразвука отмечен высокий процент жалоб на наличие парестезий, повышенную чувствительность рук к холоду, чувство слабости и боли в руках в ночное время, снижение тактильной чувствительности, потливость ладоней. Имеют место жалобы на головные боли, головокружение, шум в ушах и голове, на общую слабость, сердцебиение, болевые ощущения в области сердца.

В 1989 г. вегетативно-сенсорная полинейропатия (ангионевроз) рук, развивающийся при воздействии контактного ультразвука, признана профессиональным заболеванием.

Нормирование шума, инфразвука, ультразвука и вибрации

Различают два вида нормирования производственного шума: гигиеническое нормирование и техническое.

Под гигиеническим нормированием понимают ограничение эмиссии шума, т. е. ограничение уровней шума, воздействующего на человека, находящегося в зоне действия источников шума. Цель гигиенического нормирования – обоснование допустимых уровней и комплекса гигиенических требований, обеспечивающих предупреждение функциональных расстройств и заболеваний.

С 1976 г. введены в действие также допустимые уровни на ультразвук, а с 1980 г – на инфразвук.

Предметом технического нормирования является ограничение интенсивности излучения источников шума из условия обеспечения допустимых уровней шума на рабочих местах. Цель технического нормирования – предоставление возможности проектировщикам производственных помещений и потребителям машиностроительной продукции подбирать машины и оборудование с требуемыми акустическими характеристиками, а создателям нового оборудования еще на стадии проектирования определять необходимость проведения технических и организационных мероприятий по борьбе с шумом.

В качестве критерия гигиенического нормирования рассматриваемых физических факторов в России используют предельно допустимые уровни (ПДУ) для рабочих мест, допускающие ухудшение, и изменение внешних показателей деятельности (эффективности и производительности) при обязательном возврате к прежней системе гомеостатического регулирования исходного функционального состояния с учетом адаптационных изменений.

ПДУ определяют как уровень, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не должен вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследований. Вместе с тем отмечается, что соблюдение ПДУ не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных людей.

Нормирование шума

Оптимальным уровнем шума с точки зрения его гигиенического нормирования признают такой уровень, который не вносит своей доли в напряженное состояние физиологических функции, и последнее целиком определяется выполняемой работой. В результате физиолого-гигиенических и клинических исследований выработаны критерии дифференцированной оценки шума и предложены оптимальные, уровни шума в зависимости от напряженности и тяжести

труда. Основной предпосылкой такой оценки явилось предположение о биологической эквивалентности шума и напряженности труда, в соответствии с которым для количественной оценки рекомендуется рассматривать разность в 10 дБ как эквивалентную разность в одну категорию напряженности нервно-эмоционального труда. Кроме того, при превышении физического напряжения (тяжести труда) по пределу оптимума (245 Вт – при общей, 175 Вт – при региональной и 105 Вт – при локальной работах) соответствующие уровни для напряженности труда снижают на 5 дБ, поскольку физический (мышечный) компонент труда по сравнению с нервно-эмоциональным дает существенно меньший вклад в эффекты влияния шума на организм человека.

В основу нормирования положен принцип предельных спектров и значений уровней звука А в дБ А.

Под предельным спектром понимают предельно допустимые значения уровня звукового давления в октавных полосах частот. Предельный спектр обозначают двумя буквами ПС и значением уровня звукового давления в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц. Весь динамический диапазон слышимых звуков разбит на предельные спектры с интервалом 5 дБ. Таким образом, регламентированы предельные спектры ПС-0, ПС-5, ПС-10 и т. д. Каждому предельному спектру соответствуют определенные значения уровней звукового давления в октавных полосах частот.

Уровнем звука называют уровень шума, измеряемый по шкале А шумомера. Измеренный в соответствии с ней уровень звука оказался наиболее пригодным для оценки воздействия шумов на организм, так как он лучше всего соответствует результатам медицинских и социологических исследований. Предельно допустимое значение уровня звука А связано с предельным спектром зависимостью $L_{pA} = ПС + 5$.

Нормирование уровней шума проводится в зависимости от установленной ГОСТ 12.1.003 классификации шумов по спектральному составу и временным характеристикам.

По характеру спектра шумы подразделяют на широкополосные с непрерывным спектром шириной более одной октавы и тональные, в спектре которых имеются слышимые дискретные тоны. На практике тональный характер шума устанавливают измерением в третьоктавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шумы подразделяют на постоянные и непостоянные в зависимости от изменения во времени уровня звука А за восьмичасовой рабочий день: при изменении не более чем на 5 дБ шум считают постоянным, в противном случае – непостоянным. Измерения уровня звука следует выполнять на временной характеристике шумомера "медленно" (S).

Непостоянные шумы, в свою очередь, подразделяют на следующие:

колеблющиеся во времени, уровень звука А которых непрерывно изменяется во времени;

прерывистые, уровень звука A которых ступенчато изменяется (на 5 дБ и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет не менее 1 с;

импульсные, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука A , измеренные в дБ A и дБ A_I при включении характеристик шумомера "медленно" (S) и "импульс" (I), отличаются не менее чем на 7 дБ.

Для постоянного шума нормируют значения уровней звукового давления в девяти октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц. В качестве нормируемой характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах допускается принимать уровень звука A , но если его значение оказывается меньше соответствующего ПДУ, то не будет и превышения уровня звукового давления в октавных полосах частот.

Нормируемой характеристикой непостоянного шума является эквивалентный (усредненный по энергии) уровень звука A , L_{pAeq} . Дополнительно для колеблющегося во времени и прерывистого шума ограничивают максимальные уровни звука, измеренные на временной характеристике "медленно", а для импульсного шума – максимальный уровень звука A , измеренный на временной характеристике "импульс". В ряде стран для импульсного шума вместо максимального уровня звука A ограничивают пиковое значение некорректированного уровня звукового давления или пиковое значение уровня звука C . Последняя величина рекомендована в качестве нормативной характеристики импульсного шума (отчет Международного института по борьбе с шумом – INCE и включена в стандарт ИСО (перечень шумовых характеристик машин и оборудования, подлежащих декларированию).

Понятие эквивалентного уровня введено в практику в качестве количественной меры постоянного шума, эквивалентного шуму с переменными во времени уровнями, т. е. эквивалентный уровень L_{peq} определяют как уровень широкополосного постоянного шума, имеющего такое же среднее значение, что и данный непостоянный шум за тот же период времени усреднения T .

Эквивалентный уровень измеряют по логарифмической шкале в дБ (отражая прежде всего специфику восприятия шума, описываемую законом Вебера-Фехнера), а дозу шума – по линейной шкале в долях от допустимого значения (которое можно выбирать по разным критериям вредности). При этом отмечают, что, несмотря на сложность ряда вопросов, оценка дозы имеет одно неоспоримое преимущество – она учитывает переданную энергию за время действия шума, что позволяет оценивать шумовую нагрузку и соотносить ее с вызываемыми биологическими эффектами, в связи с чем ее использование поможет выявлению качественно-количественных связей фундаментального соотношения "доза–эффект".

Для общей оценки в табл. 1 представлены предельно допустимые уровни звука A на рабочих местах, установленные для производственного шума в Рос-

сии и за рубежом в соответствии с данными, приведенными в отчете Международного института по борьбе с шумом (INCE).

Таблиц 1.

Предельно допустимые уровни звука в производственных помещениях

Страна	Предельно допустимый уровень звука, дБ А
Россия и страны СНГ	80
Австралия, Австрия, Бразилия, Венгрия, Израиль, Новая Зеландия, Польша, страны - бывшие члены СЭВ. страны ЕС, Финляндия, Чили, Швеция	85
Китай	70-90
Швейцария	85 или 87
Канада	85, 87, 90
США	85, 90
Аргентина, Индия, Уругвай, Япония	90

Отечественные нормы являются наиболее жесткими в мире. Они ответственны за нулевой риск потери слуха от воздействия шума по классификации международного стандарта ИСО 1999. Под техническим нормированием шума понимают введение ограничений на шумовые характеристики машин и оборудования непосредственно как источников шума, при которых шум, воздействующий на работающих, не должен превышать ПДУ. Оценивая машину как источник шума, необходимо выбирать такую характеристику, которая зависит только от ее конструктивных особенностей, режима работы и условий монтажа. Такой универсальной характеристикой источника шума является его звуковая мощность, т.е. полная акустическая энергия, излучаемая источником в окружающее пространство за единицу времени. В соответствии с ГОСТ 12.1.023 уровень звуковой мощности в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц принят в качестве основной шумовой характеристики машин и оборудования. Методы определения этой шумовой характеристики установлены ГОСТ 23941, ГОСТ 12.1.024-ГОСТ 12.1.028, ГОСТ 27243, ГОСТ 30457, ГОСТ Р 51400, ГОСТ Р 51402. На международном уровне они регламентированы сериями международных стандартов ИСО 3740 и ИСО 9614 и идентичных им европейских стандартов серий ЕН/ИСО 3740 и ЕН/ИСО 9614.

Ограничения на шумовые характеристики машин имеются в нормативно-технической документации практически на все выпускаемое оборудование. Допустимые значения уровней звуковой мощности установлены в стандартах на электрические машины (ГОСТ 16 372), компрессоры воздушные (ГОСТ

12.2.110), станки металлорежущие (ГОСТ 12.2.107), машины ручные (ГОСТ 12.2.030). В большинстве случаев конкретные значения приводятся в технических условиях и отраслевых нормативных документах. Госстроем издан каталог шумовых характеристик технологического и инженерного оборудования.

Отечественная практика технического нормирования шума машин регламентирована ГОСТ 27409. В соответствии, с этим стандартом под нормативным значением шумовой характеристики машины понимают предельно допустимую шумовую характеристику (ПДШХ) машины, как она определена в ГОСТ 12.1.023, т. е. такое значение шумовой характеристики машины, которое обеспечивает выполнение норм шума на рабочих местах при регламентированных условиях эксплуатации. Машины, характеризующиеся ПДШХ, не требуют дополнительных мер для снижения шума, воздействующего на обслуживающий персонал.

В отличие от гигиенических нормативов, значения которых устанавливаются на рабочих местах независимо от вида источников шума, единую техническую норму для всех видов машин ввести нельзя. Нормативное значение шумовой характеристики зависит от конструкции источника шума и условий его применения: наличия группы одновременно работающих машин, шум от которых оказывает совместное воздействие, величины шума, излучаемого каждой машиной, расположения машин относительно рабочего места и акустических характеристик помещения, в котором они эксплуатируются. ПДШХ машин конкретного типа определяют расчетным путем, исходя из типовых условий их эксплуатации. Расчеты выполняют в соответствии с методами ГОСТ 30530 для всех случаев практического применения машины, на которые существует разработанная в установленном порядке типовая проектная документация, а также для условий эксплуатации, соответствующих индивидуальному проекту.

В сопроводительной документации на машины конкретного типа должно быть указано соответствие установленных значений шумовых характеристик значениям ПДШХ. Машины, для которых установленные значения шумовых характеристик не превышают ПДШХ, рассчитанные для всех предусмотренных их назначением типовых условий эксплуатации в соответствии с ГОСТ 27409, называют шумобезопасными.

Машины, установленные значения шумовых характеристик для которых превышают ПДШХ хотя бы для одного случая предусмотренных условий эксплуатации, называют шумоопасными. В приложении к нормативно-технической документации на такие машины следует приводить ПДШХ, меньшие установленного, значения шумовой характеристики, и указывать условия эксплуатации (обозначение и наименование проекта), для которых эти значения рассчитаны. Необходимо также привести информацию о различных по степени защиты от шума вариантах изготовления машины, обеспечивающих достижение соответствующих ПДШХ, или дать рекомендации по снижению шума на рабочем месте до предельно допустимых значений.

Предельно допустимые уровни шума установлены на рабочих местах ГОСТ 12.1.003 и СН 2.2.4/2.1.8.562-96 с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности. Для уровней звука и А эквивалентных уровней звука А они приведены в табл. 2.

Таблица 2

Предельно допустимые уровни звука А и эквивалентные уровни звука А в дБ А на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности по ГОСТ 12.1.003 и СН 2.2.4/2.1.8.562-96

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	Легкая физичес- кая на- грузка	Средняя физичес- кая на- грузка	Тяжелый труд 1-й степени	Тяжелый труд 2-й степени	Тяжелый труд 3-й степени
Напряженность легкой степе- ни	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1-й сте- пени	60	60	—	—	—
Напряженный труд 2-й сте- пени	50	50	—	—	—

Дополнительно к данным табл. 2 максимальный уровень звука А для колеблющегося во времени и прерывистого шума не должен превышать 110 дБ А, а для импульсного шума – 125 дБ А.

Для тонального и импульсного шума ПДУ установлены на 5 дБ ч меньше значения, указанных в табл. 2,

Для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления, ПДУ следует принимать на 5 дБ меньше фактических уровней шума в помещениях (измеренных или рассчитанных), если последние не превышают значений табл. 2 в противном случае на 5 дБ меньше значений, указанных в табл. 2.

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учетом категорий тяжести и напряженности труда, представлены в табл. 3.

Таким образом, при определении ПДУ шума на рабочем месте, указанном в табл. 3 необходимо пользоваться данными этой таблицы. При отсутствии рабочего места среди указанных в табл. 3 необходимо поступать следующим образом: по карте аттестации рабочего места определить категории тяжести и на-

пряженности трудового процесса и в соответствии с ними по табл. 2 выбрать предельно допустимое значение уровня звука А или эквивалентного уровня звука А. В случае непостоянного колеблющегося во времени или прерывистого шума это значение и следует принять в качестве ПДУ для данного рабочего места. Если шум на рабочем месте является импульсным, из выбранного в табл. 2 значения предельно допустимого эквивалентного уровня звука А следует вычесть 5 дБ. Для постоянного широкополосного шума необходимо по выбранному в табл. 2 значению предельно допустимого уровня звука А определить соответствующий ему предельный спектр по табл. 3. Если спектр шума имеет тональный характер, все найденные значения следует уменьшить на 5 дБ.

В случаях, когда шум на рабочем месте создается установками кондиционирования воздуха, вентиляции или воздушного отопления, для определения ПДУ необходимо предварительно измерить Или рассчитать уровень звука фактического шума, который имеется на рабочем месте при выключенных установках кондиционирования воздуха, вентиляции или воздушного отопления, и сравнить его со значением предельно допустимого уровня звука А, определенным по табл. 2. Если он оказывается меньше этого значения, то в качестве предельно допустимого уровня звука А следует принять уменьшенное на 5 дБ значение фактического уровня звука А на данном рабочем месте. Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот определяют затем по данным табл. 3 посредством выбора предельного спектра, соответствующего найденному значению предельно допустимого уровня звука А. Если такого значения в табл. 7.4 не оказывается, предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот определяют посредством вычитания из значений ближайшего наибольшего предельного спектра разности между соответствующим ему значением уровня звука А и найденным значением предельно допустимого уровня звука А на рабочем месте.

Таблица 3

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука А и эквивалентные уровни звука А для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест по ГОСТ 12.1.003 и СН 2.2.4.2.1.8.562-96

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука А и эквива- лентные уровни звука А, дБ А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ПРЕДПРИЯТИЯ, УЧРЕЖДЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ										
1. Творческая деятельность, руко- водящая работа с повышенными требованиями, научная деятель- ность, конструирование и проек- тирование, программирование, преподавание и обучение, лечеб- ная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно- конструкторских бюро, рас- четчиков, программистов вычис- лительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обра- ботки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высококвалифицированная ра- бота, требующая сосредоточенно- сти, административно-управлен- ческая деятельность, измеритель- ные и аналитические работы в ла- боратории. Рабочие места в поме- щениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах кон- торских помещений, лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	50	49	60
3. Работа, выполняемая с часто по- лучаемыми указаниями и акусти- ческими сигналами; работа, тре- бующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчер- ской службы, кабинах и помеще- ниях наблюдения и дистан- ционного управления речевой связью по телефону, машинопис- ных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и теле- графных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки ин- формации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

4. Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 1–4 и аналогичных им) на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА										
6. Рабочие места в кабинах машинистов тепловозов, электровозов, поездов метрополитена, дизель-поездов и автомотрис	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
7. Рабочие места в кабинах машинистов скоростных и пригородных электропоездов	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
8. Помещения для персонала поездов дальнего следования, служебных помещений рефрижераторных секций, вагонов электростанций, помещения для отдыха багажных и почтовых отделений	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
9. Служебные помещения багажных и почтовых вагонов, вагонов-ресторанов	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
АВТОБУСЫ, ГРУЗОВЫЕ, ЛЕГКОВЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ АВТОМОБИЛИ										
14. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
15. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиров) легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫЕ, МЕЛИОРАТИВНЫЕ И ДРУГИЕ АНАЛОГИЧНЫЕ ВИДЫ МАШИН										
16. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

17. Рабочие места в кабинах и салонах самолетов и вертолетов:										
допустимые	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
оптимальные	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Примечания

1. Допускается в отраслевой документации устанавливать более жесткие нормы для отдельных видов трудовой деятельности с учетом напряженности и тяжести труда в соответствии с табл. 2
2. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Нормирование инфразвука

Гигиеническое нормирование инфразвука базируется на критериях оценки здоровья и работоспособности при влиянии инфразвука на весь организм в процессе трудовой деятельности с учетом факторов тяжести и напряженности.

При этом принципы нормирования инфразвука определяют по характеру спектра инфразвука:

широкополосный, с непрерывным спектром шириной более одной октавы;

тональный, в спектре которого имеются дискретные составляющие.

Тональный характер инфразвука устанавливают в октавных полосах частот по превышению уровня в одной октавной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

При нормировании учитывают временные характеристики инфразвука, по которым его подразделяют на постоянный и непостоянный.

Постоянный инфразвук – инфразвук, уровень звука которого изменяется за время наблюдения не более чем на 6 дБ при измерениях по шкале шумомера "Линейная" на временной характеристике "медленно".

Уровень звука непостоянного инфразвука изменяется не менее чем на 6 дБ при измерениях по шкале шумомера "Линейная" (Лии) на временной характеристике "медленно" (S).

Нормируемыми характеристиками постоянного инфразвука являются:

уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, соответствующими предпочтительному ряду 2, 4, 8, 16 Гц по ГОСТ 12090;

уровень звука, измеренный по шкале шумомера "Линейная", в дБ Лин при условии, если разность между уровнями, измеренными по шкалам "Линейная" и "А" на временной характеристике шумомера "медленно" составляет не менее 10 дБ.

Нормируемыми характеристиками непостоянного инфразвука являются эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц и эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБ Лин, определяемые в зависимости от периода наблюдения Т, ч; продолжительности t_i , ч; действия шума с уровнем звукового давления L_i ,

общего числа n промежутков действия инфразвука с различными уровнями звукового давления в течение времени наблюдения T .

Международный стандарт ИСО 7196 рекомендует использовать для одночисловой оценки уровень звука G . Установленные стандартом значения частотной коррекции G на среднегеометрических частотах третьоктавных полос приведены в табл. 4. Кривая G определена таким образом, что имеет подъем 0 дБ на частоте 10 Гц, т.е. G -корректированный уровень звукового давления чистого тона частотой 10 Гц равен некорректированному уровню звукового давления. Между 1 Гц и 20 Гц кривая приближается к прямой линии с наклоном 12 дБ на октаву. Таким образом, каждая частота оказывается скорректированной в соответствии с ее вкладом в восприятие. Ниже 1 Гц и выше 20 Гц кривая резко падает с наклоном 20 дБ на октаву. Рекомендуемая стандартом коррекция G основана на признании частоты 10 Гц в качестве наиболее неблагоприятной для организма человека по критерию слуховой чувствительности.

Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах установлены СН 2.2.4/2.1.8.583-96. Дифференцированные для различных видов работ – они приведены в табл. 4.

Таблица 4.

Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах

Виды работ с различной степенью тяжести и напряженности трудового процесса в производственных помещениях и на территории предприятий	Уровень звукового давления, дБ, в октавной полосе со среднегеометрической частотой, Гц				Уровень звука, дБ Лин
	2	4	8	16	
Работы различной степени тяжести	100	95	90	85	100
Работы различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности	95	90	85	80	90

Для колеблющегося во времени и прерывистого инфразвука уровни звука, измеренные по шкале шумомера "Линейная", не должны превышать 120 дБ Лин.

В качестве дополнительной характеристики для оценки инфразвука (например, в случае тонального инфразвука) могут быть использованы уровни звукового давления в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16 и 20 Гц. Их следует пересчитывать в уровни в октавных полосах частот с указанными в табл. 5 среднегеометрическими частотами.

Значения K_G частотной коррекции G на среднегеометрических частотах f третьоктавных полос

f , Гц	K_G , дБ
0,25	-88,0
0,315	-80,0
0,4	-72,1
0,5	-64,3
0,63	-56,6
0,8	-49,5
1,00	-43,0
1,25	-37,5
1,6	-32,6
2,0	-28,3
2,5	-24,1

f , Гц	K_G , дБ
3,15	-20,0
4,0	-16,0
5,0	-12,0
6,3	-8,0
8,0	-4,0
10,0	0,0
12,5	4,0
16,0	7,7
20,0	9,0
25,0	3,7
31,5	-4,0

f , Гц	K_G , дБ
40	-12,0
50	-20,0
63	-28,0
80	-36,0
100	-44,0
125	-52,0
160	-60,0
200	-68,0
250	-76,0
315	-0,84

Нормирование ультразвука

Нормирование ультразвука проводится в соответствии (ГОСТ 12.1.001 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 в зависимости от способа распространения ультразвуковых колебаний: воздушный или контактный.

Нормируемыми параметрами воздушного ультразвука являются уровни звукового давления в третьоктавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80 100 кГц.

Нормируемыми параметрами контактного ультразвука является пиковые значения виброскорости или ее логарифмические уровни (относительно $5 \cdot 10^{-8}$ м/с) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 16000; 31500 кГц.

Для машин, имеющих источники воздушного ультразвука, в нормативно-технической документации в соответствии с ГОСТ 12.1.00 должны быть установлены предельно допустимые значения ультразвуковой характеристики (УЗХ) в виде уровней звуковой мощности в нормируемом диапазоне частот. Для оборудования, звуковая мощность которого не может быть определена, а также для оборудования, которое укомплектовывается только на предприятиях-потребителях, в качестве УЗХ стандарт допускает использовать уровни звукового давления в нормируемом диапазоне частот в контрольных точках. Число контрольных точек должно быть не менее трех (включая рабочее место). Координаты контрольных точек должны быть указаны в нормативной и технической документации.

В стандартах и (или) технических условиях на оборудование, являющееся источником контактного ультразвука, должны быть указаны предельно допустимые уровни виброскорости.

Предельно допустимые уровни звукового давления для воздушного ультразвука и предельно допустимые величины нормируемых параметров контактного ультразвука для работающих установлены ГОСТ 12.1.001 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96. Они приведены в табл. 6 и табл. 7

Таблица 6

Предельно допустимые уровни воздушного ультразвука на рабочих местах по ГОСТ 12.1.001 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96

Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, кГц	Уровень звукового давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5-100,0	110

Таблица 7

Предельно допустимые уровни контактного ультразвука для работающих по ГОСТ 12.1.001 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Пиковое значение виброскорости, м/с ⁻¹	Уровень виброскорости дБ
8,0-63,0	$5 \cdot 10^{-3}$	100
125,0-500,0	$8,9 \cdot 10^{-3}$	105
5103-31,5 $\cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	110

Если работающие подвергаются совместному действию воздушного и контактного ультразвука, предельно допустимые уровни контактного ультразвука принимают на 5 дБ ниже значений, указанных в табл. 7.

При использовании ультразвуковых источников бытового назначения (стиральные машины, устройства для отпугивания насекомых грызунов, собак, охранная сигнализация и т.д.), как правило, работающих на частотах ниже 100 кГц, нормативные уровни воздушного и контактного ультразвука, воздействующего на человека, не должны превышать 75 дБ на рабочей частоте.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ "ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ"

Цель лабораторной работы – ознакомить студентов с теорией производственных шумов, физической сущностью и инженерным расчетом звукоизоляции, • с приборами для измерения шума, нормативными требованиями к производственным шумам, провести измерения шума объекта, оценить эффективность мероприятий по снижению шума средствами звукоизоляции.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Физическая сущность звукоизоляции

Звукоизолирующая способность преграды (коэффициент звукоизоляции) r равна отношению интенсивностей звука J_{11} в падающих на преграду волнах к интенсивности звука J_{21} в волнах, прошедших через преграду.

$$r = J_{11}/J_{21} = I/\tau. \quad (1)$$

Коэффициент прохождения r связан с коэффициентом рассеяния δ и с коэффициентом отражения ε соотношением, выражающим закон сохранения энергии

$$\delta + \varepsilon + \tau = 1. \quad (2)$$

Звукоизоляция R , Дб, – десятикратный логарифм отношения (1) выражается разностью соответствующих значений интенсивности уровней звука:

$$R = 10 \lg r = 10 \lg J_{11} - 10 \lg J_{21} \quad (3)$$

Интенсивность звука в падающих на преграду под углом ϑ_1 звуковых волнах определяется по формуле:

$$J_{11} = \frac{P_{11}^2 \cos \vartheta_1}{\rho_1 c_1};$$

в прошедших, за преграду под углом ϑ_2 звуковых волнах:

$$J_{21} = \frac{P_{21}^2 \cos \vartheta_2}{\rho_2 c_2};$$

Звукоизолирующая способность границы раздела двух разных сред при падении на нее звуковой волны из среды с акустическим сопротивлением $\rho_1 c_1$ в среду с акустическим сопротивлением $\rho_2 c_2$

$$r = \frac{\rho_2 c_2 \cos \vartheta_1}{\rho_1 c_1 \cos \vartheta_2} = \frac{p_{11}}{p_{21}} \quad (4)$$

Рассмотрим прохождение волн через плоскую границу раздела двух полубесконечных сред ($\rho_1 c_1$, $\rho_2 c_2$), в которых продольные волны могут распространяться без потерь. Звуковые давления p_{11} , p_{12} , p_{21} соответственно в волнах, падающих на границу, отраженных от границы и прошедших через нее, будут иметь вид:

$$p_{11} = P_{11} e^{ik(c_1 t - y \sin \vartheta_1 - x \cos \vartheta_1)};$$

$$p_{12} = P_{12} e^{ik(c_1 t - y \sin \vartheta_1 - x \cos \vartheta_1)};$$

$$p_{21} = P_{21} e^{ik(c_2 t - y \sin \vartheta_2 - x \cos \vartheta_2)};$$

В этих граничных условиях используются нормальные акустические импедансы:

$$Z_1 = \frac{\rho_1 c_1}{\cos \vartheta_1}; \quad Z_2 = \frac{\rho_2 c_2}{\cos \vartheta_2};$$

Отношение звуковых давлений в падающих и прошедших волнах:

$$\frac{p_{11}}{p_{21}} = \frac{(Z_1 + Z_2)}{2Z_2}$$

Это так называемая формула Френеля, после подстановки которой в формулы (3) и (4), определяется звукоизоляция границы раздела двух сред:

$$R = 20 \lg \left(\sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} + \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}} \right) - 6, \quad (5)$$

Обобщенное понятие звукоизоляции преграды выражается формулой:

$$R = 10 \lg \left(\frac{1}{1 - \varepsilon - \delta} \right) \quad (6)$$

которая свидетельствует о том, что физическая сущность звукоизоляции обусловлена как отражением потока звуковой энергии от преграды в соответствии с принципом рассогласования импедансов, так и поглощением звуковой энергии в этой преграде.

1.2. Расчет требуемой звукоизолирующей способности от воздушного шума

Многие практические задачи защиты от шума решаются применением строительно-акустических мер, в частности, увеличением звукоизоляции между помещениями. В зависимости от способа возбуждения колебаний в строительных конструкциях различают изоляцию воздушного и структурного звуков. К

последнему случаю относится изоляция ударного звука перекрытием. Под изоляцией воздушного звука ограждающей конструкцией понимают свойство последней передавать в соседнее помещение только часть падающей на нее мощности воздушного звука. Для оценки звукоизоляции используют формулу:

$$R = 10 \lg \left(\frac{P_1}{P_2} \right), \quad (7)$$

где: P_1 – мощность звука, падающего на преграду (строительную конструкцию);

P_2 – мощность звука, излучаемого обратной стороной преграды (строительной конструкцией).

Эта формула справедлива только в тех случаях, когда справа и слева от звукоизолирующей преграды (строительной конструкции) находятся два помещения одинакового размера. Как правило, рассматриваемая строительная конструкция разделяет два различных помещения.

В этом случае при условии возникновения в том и другом помещении диффузных звуковых полей из формулы (7) следует:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \left(\frac{S}{A_2} \right) \quad (8)$$

где: L_1 – уровень звукового давления в помещении с источником шума;

L_2 – уровень звукового давления в звукоизолируемом помещении;

S – площадь разделяющей помещения конструкции;

A_2 – эквивалентная площадь звукопоглощения в изолируемом помещении.

требуемая величина звукоизоляции $R_{тр}$, дБ, ограждающей конструкции в октавной полосе частот при проникновении шума из одного помещения в другое определяется по формуле:

$$R_{тр} = L_1 - 10 \lg B + 10 \lg S_1 - L_{доп} + 10 \lg n \quad (9)$$

где: L_1 – октавный уровень звукового давления в помещении с источником шума, дБ;

B – постоянная помещения, защищаемого от шума, m^2 ;

S_1 – площадь ограждающей конструкции (или отдельного ее элемента), через которую проникает шум в защищаемое помещение;

$L_{доп}$ – допустимый октавный уровень звукового давления, дБ, в защищаемом помещении;

n – общее количество ограждающих конструкций или их элементов, через которые проникает шум.

1.3. Характеристики звукоизолирующих конструкций

Изоляция воздушного звука зависит в первую очередь от плотности применяемого в конструкции материала ρ , его модуля упругости E и коэффициента внутренних потерь η . Основными звукоизолирующими материалами являются: алюминиевые сплавы, асбокартон, базальтовый картон, бетон, гетинакс, медные сплавы, органическое стекло, ПВХ линолеум, пробковые плиты, твердая резина, титановые сплавы, свинец, силикатное стекло, сталь, стеклопластик, фибра и др. В конструктивном плане различают однослойные и многослойные звукоизолирующие конструкции (рис. 1).

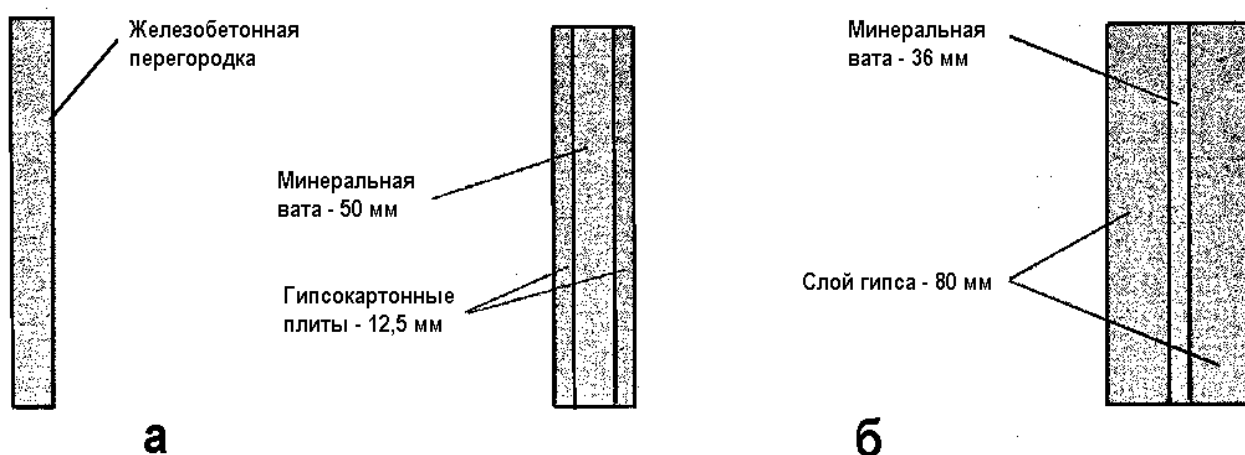


Рис.1. Примеры звукоизолирующих конструкций:
а) однослойная; б) многослойные

При использовании многослойной конструкции можно добиться значительно более высокой звукоизоляции, чем у однослойной стены равной массы. Характеристика звукоизоляции R некоторых звукоизолирующих конструкций приведена в табл. 1 приложения 1.

2. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

2.1. Описание лабораторного стенда

Схема лабораторного стенда представлена на рис. 2, а его внешний вид – на фото 1.

Стенд имеет вид макета производственных помещений, одно из которых имитирует производственный участок, а второе – конструкторское бюро.

Источник шума (громкоговоритель) 1 находится под "полом" левой камеры 2 и защищен решеткой 3. В левой камере 2 размещены макеты заводского оборудования (на рисунке не показаны). В правой камере 4 размещены макеты конструкторского бюро (на рисунке не показаны) и на подставке устанавлива-

ется микрофон 5 из комплекта ВШВ-003. Обе камеры могут накрываться звукопоглощающим коробом 6 (см. фото 1). Кроме того, обе камеры снабжены осветительными лампами. Тумблеры для включения ламп находятся на передней стенке стенда.

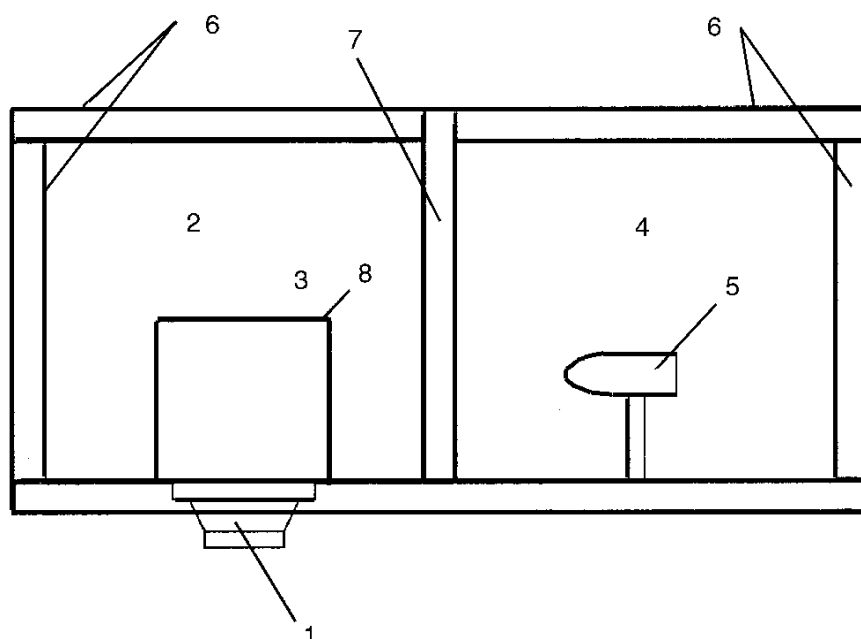


Рис. 2 Схема лабораторного стенда

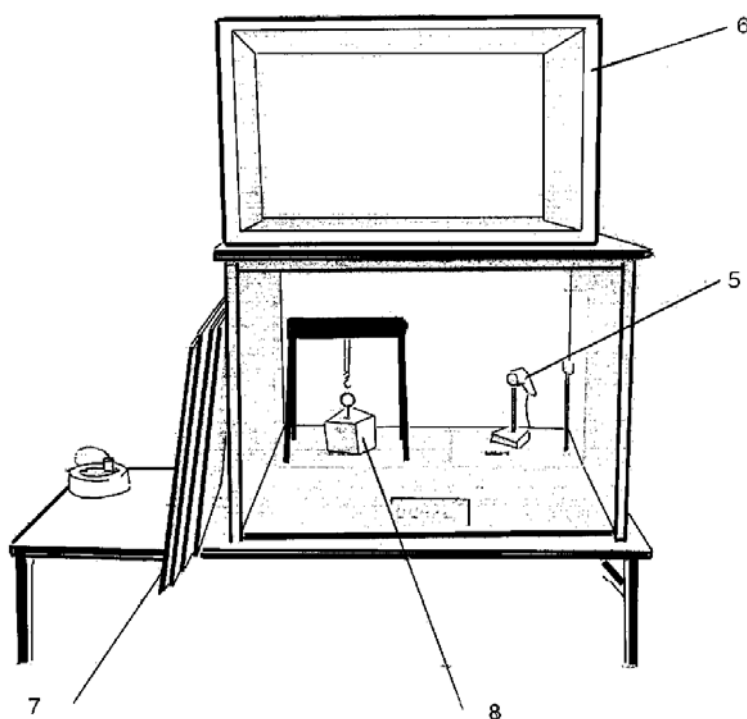


Фото 1. Внешний вид лабораторного стенда

Передняя стенка стенда имеет два смотровых окна. Внутри на передней и задней стенках имеются направляющие, при помощи которых устанавливается съемная звукоизолирующая перегородка 7, обеспечивающая изоляцию правой и левой камер друг от друга. Решетка громкоговорителя во время проведения лабораторной работы может быть закрыта звукоизолирующим кожухом 8. На крышке кожуха 8 закреплена ось, на которую может навинчиваться груз для исключения щелей в местах контакта кожуха с решеткой громкоговорителя.

Для возбуждения громкоговорителя используется функциональный генератор типа ГФ-1, все измерения проводятся с помощью шумомера типа ВШВ-003.

2.2. Порядок выполнения лабораторной работы

К работе со стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия, с мерами безопасности при проведении лабораторной работы.

- Подключить стенд к электросети, с помощью тумблеров включить освещение внутри стенда.
- Снять со стенда все средства звукоизоляции и звукопоглощения (звукопоглощающий кожух, звукоизолирующие перегородки, звукоизолирующий кожух). Установить микрофон из комплекта ВШВ – 003 на подставке в правой камере стенда.
- Подключить к стенду генератор сигналов ГФ-1. Установить такую амплитуду синусоидального сигнала, при которой уровень звукового давления на частоте 250 Гц, измеренный шумомером ВШВ-003, находился бы в пределах от 90 до 100 дБ.
- С помощью шумомера ВШВ-003 измерить уровень звукового давления L_1 на частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Результаты занести в табл.1.
- Установить звукоизолирующую перегородку и повторить измерения уровня звукового давления $L_{з.п}$ в тех же частотах. Результаты изменений занести в табл.1.

Таблица 1

Обозначение	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_1								
$L_{з.п}$								

- После выполнения лабораторной работы отключить генератор и шумомер от сети. Выключить освещение помещений, отключить макет от электросети.

- Составить отчет о лабораторной работе, в котором провести сравнение результатов замеров уровней звукового давления (табл. 1) с допустимыми значениями $L_{\text{доп}}$ по ГОСТ 1.2.1.003 СН 2.2.4/2.1.8.562-90 (табл.2 Приложения 1) путем построения графика (Рис. 4).

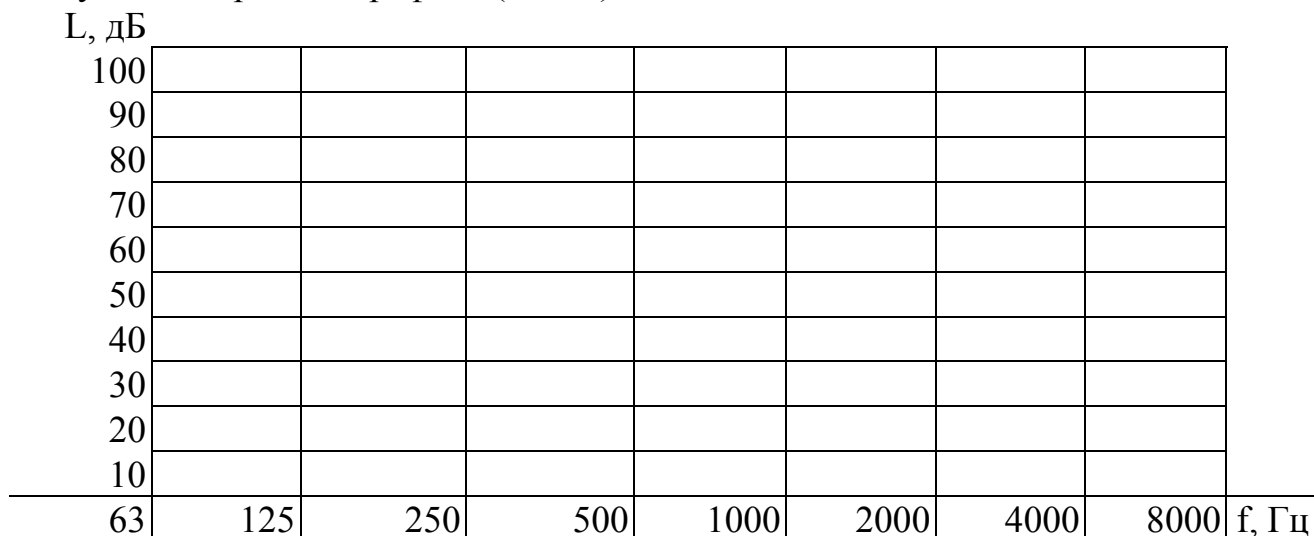


Рис. 4. Уровни звукового давления

- Вычислить эффективность Ξ звукоизолирующей перегородки по формуле:

$$\Xi = \frac{(L_1 - L_{\text{з.п}})}{L_1} 100\%$$

- Построить график зависимости эффективности звукоизолирующей перегородки от частоты (рис.5).

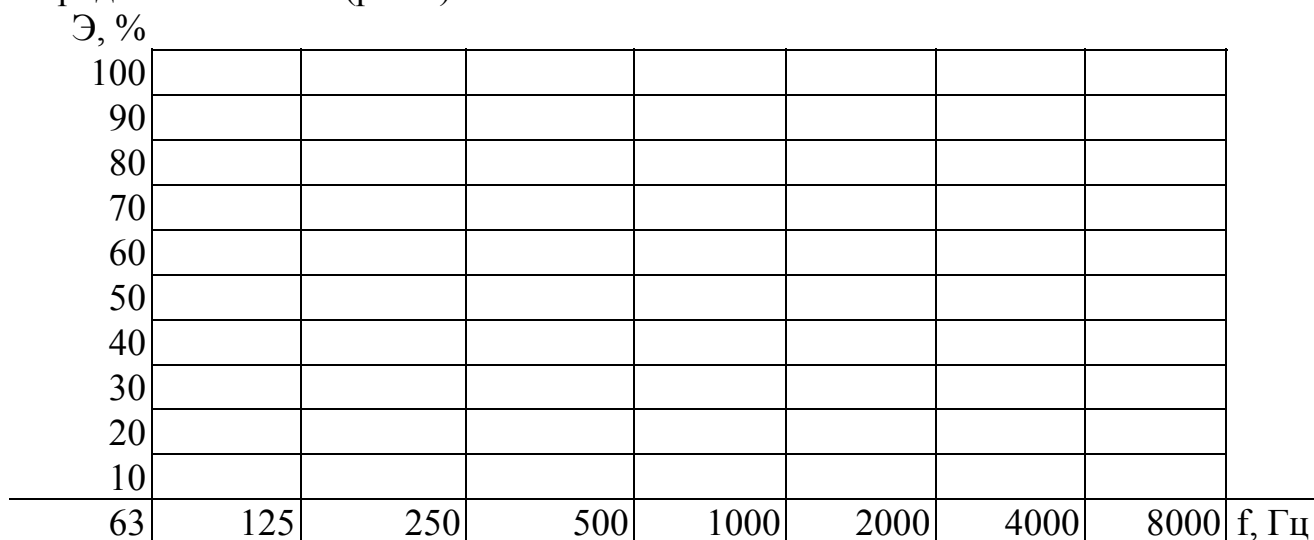


Рис. 5. Эффективность установки звукоизолирующей перегородки

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Звукоизоляция R некоторых строительных конструкций

Конструкция	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<u>Стены и перегородки:</u>								
– кирпичная кладка, оштукатуренная с двух сторон. 125 мм	30	36	37	40	46	54	57	59
– то же. 255 мм	34	41	45	48	56	65	69	72
– то же. 360 мм	36	44	43	49	57	66	70	72
– шлакоблок, оштукатуренный с двух сторон. 12 мм	0	27	33	40	50	57	56	59
– стеклоблок, 200 мм	25	30	35	40	49	49	43	45
<u>Панели:</u>								
– древесноволокнистая плита. 25 мм	0	0	2	6	6	8	8	10
– древесностружечная плита, 19мм	14	17	18	25	30	26	32	38
– фанерный лист, 6 мм	6	9	13	16	21	27	29	33
<u>Двери:</u>								
– дверь фанерная с деревянной обрешеткой между слоями фанеры, 43 мм	9	12	13	14	16	18	24	36
– дверь из сплошного твердого дерева. 43 мм	13	17	21	26	29	31	34	32

Таблица 2

Нормативные значения допустимых уровней шума на рабочих местах

Рабочее место	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								Уровень звука L_A и $L_{A экв}$
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ГОСТ 12.1.003-83	95	87	82	78	75	73	71	69	80

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ "ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩЕГО КОЖУХА"

Цель лабораторной работы – ознакомить студентов с теорией производственных шумов, физической сущностью и инженерным расчетом звукоизоляции, с приборами для измерения шума, нормативными требованиями к производственным шумам, провести измерения шума объекта, оценить эффективность мероприятия по снижению шума звукоизолирующим кожухом.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Физические основы снижение шума кожухами

Способы снижения шума работающего оборудования или защита обслуживающего персонала от возникающего шума без каких-либо существенных конструктивных изменений машины относится к числу пассивных строительно-акустических способов борьбы с шумом. Наиболее распространено применение звукоизолирующих кожухов, полностью или частично закрывающих машину.

Этот способ защиты от шума является более действенным, чем другие строительно-акустические способы (применение звукопоглощающих облицовок, экранов, выгородок и т.п.), поскольку он предполагает достижение эффекта снижения шума на любую требуемую величину даже в непосредственной близости от источника шума.

В низкочастотном диапазоне, когда длина волны в воздухе велика, звук легко огибает препятствие, а звукопоглощение может быть реализовано при помощи поглотителей резонансного или мембранного типа, имеющих достаточно большие размеры; кожухи – практически единственные средства снижения шума. Для повышения эффективности применения кожухов их внутренние поверхности должны быть облицованы звукопоглощающими материалами.

1.2. Пути проникновения шума через кожухи

Звукоизолирующий кожух машины представляет собой всесторонне замкнутую оболочку, внутри которой размещается источник шума. Идеальным конструктивным решением кожуха считается решение, при котором обеспечивается полная герметичность. В этом случае величина требуемой звукоизоляции стенок $R_{тр}$ может быть определена по эмпирической формуле:

$$R_{тр} = DL_{1эф тр} + 10 \lg \left(\frac{S_{к}}{S_{доп}} \right) \quad (1)$$

где: $DL_{1эф тр}$ – требуемая величина снижения уровня звукового давления кожухом в расчетной точке с источником шума, дБ;

S_k – площадь поверхности кожуха, m^2 ;
 $S_{доп}$ – площадь воображаемой поверхности, вплотную окружающей источник шума.

Реальные конструкции кожухов весьма далеки от идеала, так как в условиях их эксплуатации герметичность замкнутого пространства нарушается из-за необходимости подвода внутрь кожуха трубопроводов, устройства каналов для прохода воздуха и отвода избыточного тепла, смотровых окоп и открывающихся дверей. Кроме того, наличие обязательных стыковых соединений, неизбежно сопровождающихся щелевыми отверстиями и неплотностями, также ведет к усложнению конструктивных решений и значительным трудностям при попытках обеспечить выполнение требования формулы (1).

Рассмотрим на примере кожуха машины (рис. 1) наиболее характерные из путей проникновения шума в защищаемое помещение.

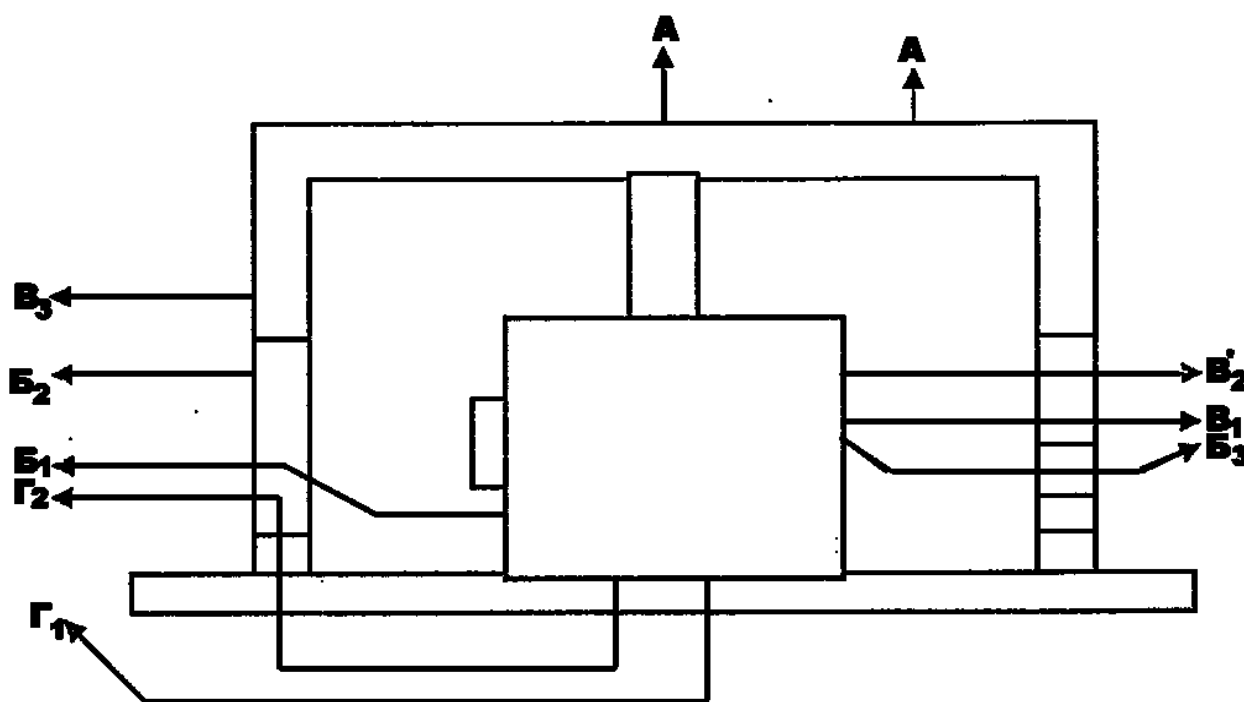


Рис.1. Возможные пути передачи звука через кожух машины

Основным путем передачи звука в защищаемое помещение является путь, обозначенный на рис.1 символом A – передача через ограждающую конструкцию. Величины снижения проникающих уровней определяются потерями на звукоизоляцию и могут достигать в зависимости от спроектированной конструкции ограждения значений:

$$DL_{\text{кож}} = R - 10 \lg \left(\frac{S_{\text{кож}}}{A_{\text{кож}}} \right) \quad (2)$$

где: R – звукоизолирующая способность ограждающей конструкции кожуха, дБ, определяется по формуле (1);
 $S_{\text{кож}}$ – площадь поверхности кожуха, м^2 ;
 $S_{\text{кож}} = a_{\text{кож}} S_{\text{п}}$ – эквивалентная площадь звукопоглощения в пространстве под кожухом;
 $a_{\text{кож}}$ – средний коэффициент звукопоглощения в пространстве под кожухом;
 $S_{\text{п}}$ – суммарная площадь поверхностей, находящихся под кожухом, включая поверхность кожуха.

Наличие технологически необходимых отверстий или неплотностей в кожухе или отдельных его деталях приводит к Шгенсивной передаче воздушного звука по путям, обозначенным на рис. 1 символами B_1 , B_2 , B_3 . Еще одним путем передачи звука из-под кожуха машины в помещение является передача структурного звука в местах соприкосновения изолируемой машины с фундаментом или полом помещения (Γ_1) либо звука, непосредственно излучаемого выступающими деталями машины (Γ_2). излучение кожухом звука, проникающего в его стенки при жестком опирании на корпус (B_3), пол или фундамент машины (B_1) или соприкосновении с выступающими деталями машины (B_2). Если первый из рассматриваемых путей передачи звука (A) зависит только от конструктивного решения стенок кожуха, то два других требуют выполнения ряда дополнительных операций по устранению возможностей проникновения шума в помещение этими путями, например, установки в местах выхода отверстий специальных глушителей шума или опирание кожуха на ограждающие конструкции через упругие прокладки.

1.3. Расчет снижения шума кожухом

Эффективность применения кожуха в каждом конкретном случае зависит от многих факторов и в первую очередь от правильного акустического расчета, который обычно выполняется для всех восьми октавных полос нормируемого диапазона частот от 63 до 8000 Гц и включает следующие этапы:

- определение шумовой характеристики, т.е. уровней звуковой мощности в октавных полосах частот, излучаемых машиной.
- выбор расчетных точек;
- определение допустимых в соответствии с санитарными нормами уровней звукового давления в расчетных точках;
- определение требуемого снижения уровней звукового давления в каждой октавной полосе частот;
- определение требуемой звукоизоляции стенок кожуха и отдельных его элементов (смотровые окна, дверки, люки, вентиляционные отверстия);
- конструктивное решение кожуха с учетом возможного снижения его эффективности из-за неизбежного присутствия открытых проемов. Рассмотрим более подробно каждый из этапов.

1.3.1. Шумовые характеристики машины

Для проведения акустического расчета кожуха на первом этапе требуется определить шумовые характеристики изолируемой машины: уровень звуковой мощности L_p и уровень звукового давления L в расчетной точке. Уровень звуковой мощности может быть установлен по паспорту на данную машину или по каталогу шумовых характеристик, а уровень звукового давления в расчетной точке с учетом особенностей и акустических характеристик помещения, где установлена машина, вычислен по формулам:

- для соразмерных помещений (отношение наибольшего размера D к наименьшему G не превосходит 5; H – высота помещения)

$$L = L_p + 10 \lg \left(\Pi + \frac{4}{B} \right) \quad (3)$$

где: Π – вклад прямого звука для дальнего поля (при $r \geq 2 l_{\max}$);

$$B = \frac{1 - \alpha}{A} \quad \text{– поправка;}$$

$$\Pi_{\text{дал}} = \Phi / \Omega r^2;$$

Φ – фактор направленности источника (при грубой оценке уровня шума, создаваемого источником с неизвестным Φ , источник считают ненаправленным $\Phi = 1$);

$\Omega = 4\pi$ – полный пространственный угол (в стерadianах), в который излучается звук для ближнего поля (при $r < 2 l_{\max}$);

$$\Pi_{\text{бл}} = \Phi / S;$$

S – площадь (м^2) воображаемой поверхности правильной геометрической формы (параллелепипед, полуцилиндр), окружающей источник, повторяющей (упрощенно) его форму и проходящей через точку наблюдения;

α – коэффициент звукопоглощения поверхности ограждения, S

A – звукопоглощение помещения.

- для несоразмерных помещений (плоских $D/H > 5$, $G/H \geq 4$; длинных $D/H > 5$, $G/H < 4$)

$$L = L_p + 10 \lg \left[\Pi + \frac{1 - \alpha}{HG} \frac{r + G}{r + H} J(\alpha, \rho) \right], \quad (4)$$

где: α – средний коэффициент звукопоглощения;

H и G – высота и ширина помещения, м;

$J(\alpha, \rho)$ – функция, описывающая поле отраженного звука в несоразмерных помещениях.

1.3.2. Требуемое снижение уровней звукового давления

Конструктивное решение кожуха изолируемой машины во многом определяется значением величины требуемого снижения уровней звукового давления в расчетных точках. Именно эти значения величин позволяют устанавливать основные исходные данные для последующего проектирования кожуха: звукоизолирующую его стенок, размеры, форму, способ установки и вид звукопоглощающей облицовки внутренней поверхности кожуха.

В зависимости от выбранной расчетной точки требуемая величина снижения уровней звукового давления может быть определена двумя различными способами. Если расчетная точка выбрана на рабочем месте около изолируемой машины на расстоянии r_0 от геометрического центра источника шума, то требуемое снижение $\Delta L_{\text{тр кож}}$ может быть вычислено по формулам:

$$\Delta L_{\text{тр кож}} = L_p - 10 \lg S - L_{\text{доп}} + 5 \quad (5)$$

$$\Delta L_{\text{тр кож}} = L - L_{\text{доп}} + 5 \quad (6)$$

где:

- L_p – октавный уровень звуковой мощности шума, излучаемого машиной до установки на нее кожуха, дБ;
- $L_{\text{доп}}$ – допустимый по нормам уровень звукового давления в октавных полосах, дБ;
- L – средний уровень звукового давления в октавных полосах частот, определенный на рабочем месте, дБ;
- S – площадь (м^2) воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей машину и проходящей через расчетную точку (если расстояние от геометрического центра источника шума r_0 до расчетной точки больше удвоенного максимального размера источника шума, то величина S может быть принята $\approx 2 \pi r_0^2$).

При выборе расчетной точки на расстоянии $r > r_0$ значения $\Delta L_{\text{тр кож}}$ могут быть вычислены по известным шумовым характеристикам L_p и L , описываемым формулами (3) и (4) (с учетом акустических характеристик помещения).

1.3.3. Требуемая звукоизоляция стенок кожуха

Требуемая звукоизоляция сплошного герметичного кожуха, полностью закрывающего машину, вычисляется по формуле (1). Чтобы обеспечить требуемую величину звукоизоляции, конструкция стенки кожуха должна быть выбрана вполне определенно с учетом результатов предварительного расчета. Частотную характеристику изоляции воздушного шума плоской тонкой ограж-

дающей конструкции кожуха из металла, стекла и других подобных материалов можно определить по формуле:

$$R_{\text{тр кож}} = R_1 + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 + \Delta R_4 \quad (7)$$

где: R_1 – собственная звукоизоляция тонкой стенки кожуха, дБ;
 ΔR_1 – влияние ребер жесткости (стыковых соединений) пластин, дБ;
 ΔR_2 – увеличение звукоизоляции при применении демпфирующего покрытия пластин, дБ;
 ΔR_3 – увеличение звукоизоляции за счет внутренней звукопоглощающей облицовки, дБ;
 ΔR_4 – влияние технологически необходимых отверстий, дБ.

1.3.4. Эксплуатационные требования к звукоизолирующим кожухам

Звукоизолирующие кожухи предназначены для создания благоприятных условий труда, повышения его производительности. Высокая изоляция и успешное применение их на производстве возможны лишь при учете ряда эксплуатационных требований. Кожух не должен затруднять осуществление технологических процессов, снижать качество продукции, затруднять работу оператора, а в отдельных случаях может быть принадлежностью оборудования, выполняя ряд функций и одновременно удешевляя борьбу с шумом.

Выбор конструктивного решения и отдельных узлов кожуха определяется рядом факторов: наличием свободного места сверху или сбоку от машины, необходимостью доступа к отдельным узлам или машине в целом, возможностью снижения шума путем звукоизоляции отдельных узлов, возможностью использования модульных (унифицированных) элементов.

Конструкция кожуха должна обеспечивать возможность визуального наблюдения оператора за работой машины и показаниями контрольных приборов посредством устройства достаточно больших смотровых окон с соответствующей звукоизоляцией. Если до установки кожуха оператор контролировал рабочий процесс и техническое состояние оборудования по слуху, то теперь он может использовать для этой цели технологические или специально сделанные в удобных местах небольшие отверстия. Если указанный путь невозможен, то потребуется либо использование специальной звукоусилительной системы с микрофонами, расположенными вблизи контролируемых узлов и громкоговорителей на рабочем месте, либо применением альтернативных систем контроля с соответствующими датчиками. Для обеспечения тепловлажностного режима может потребоваться система вентиляции.

Оператор должен иметь доступ для регулирования процесса, желательно устройство системы дистанционного управления и контроля или хотя бы дистанционной аварийной установки.

Конструкция кожуха должна быть устойчива к действию выделяющихся при работе машины веществ, газов, пыли, конденсата. Жидкость и пыль могут засорить поверхность звукопоглотителя и намного ухудшить его эффектив-

ность. Следует учитывать требования пожарной безопасности, используя негорючие (НГ) или слабогорючие (Г1) материалы; внутри кожуха могут быть установлены датчики дыма и температуры

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

- Подключить стенд к электросети, с помощью тумблеров включить освещение внутри стенда.
- Снять со стенда все средства звукоизоляции и звукопоглощения (звукопоглощающий кожух, звукоизолирующие перегородки, звукоизолирующий кожух). Установить микрофон из комплекта ВШВ-003 на подставке в правой камере стенда.
- Подключить к стенду генератор сигналов. Установить такую амплитуду синусоидального сигнала, при которой уровень звукового давления на частоте 250 Гц, измеренный шумомером ВШВ-003 находился бы в пределах от 90 до 100 дБ.
- С помощью шумомера ВШВ-003 измерить уровень звукового давления L , на частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Результаты измерений занести в табл.1.
- Накрыть решетку громкоговорителя звукоизолирующим кожухом без груза и повторить измерения уровня звукового давления $L_{\text{кож}}$ на тех же частотах. Результаты занести в табл. 1.
- Навинтить на ось звукоизолирующего кожуха груз и повторить измерения $L_{\text{кож гр}}$ на тех же частотах. Результаты измерений занести в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений

Обозначение	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_1								
$L_{\text{кож}}$								
$L_{\text{кож гр}}$								

• После выполнения лабораторной работы отключить генератор и шумомер от сети. Выключить освещение помещений, отключить стенд от электросети.

• Составить отчет о лабораторной работе, в котором провести сравнение результатов замеров уровней звукового давления (табл. 1) с допустимыми значениями $L_{\text{доп}}$ по СН 3223-85 (табл. 2 Приложения 1) путем построения графиков (рис. 4)

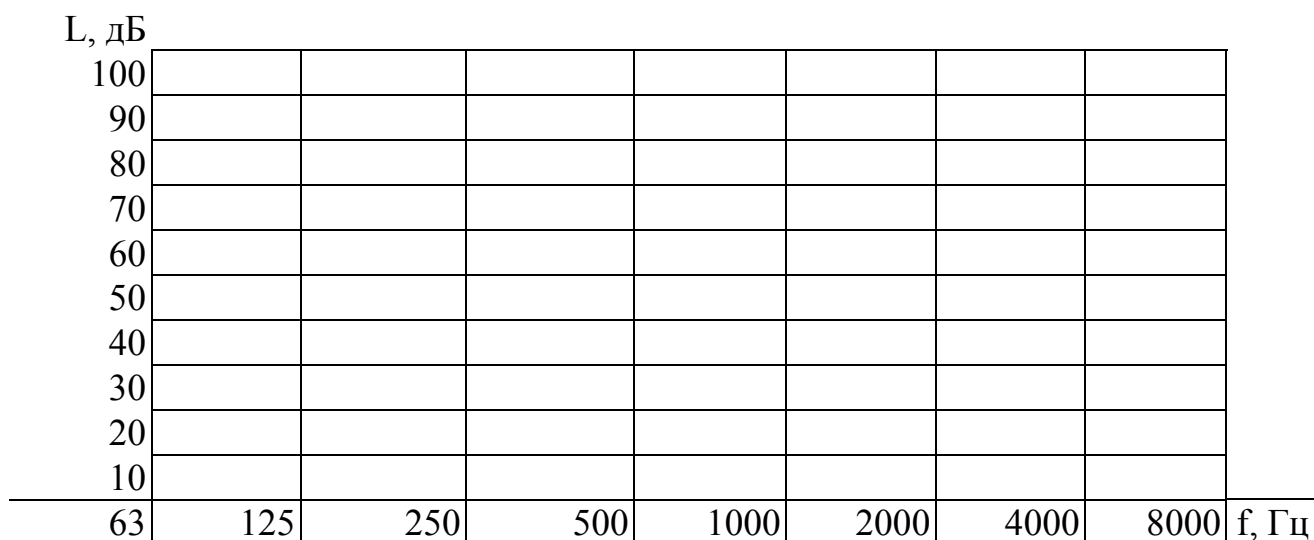


Рис.4. Уровни звукового давления

- Вычислить эффективности \mathcal{E} звукоизолирующего кожуха для двух случаев по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{(L_1 - L_{\text{кож}})}{L_1} 100\%$$

- Построить графики зависимости эффективности звукоизолирующего кожуха от частоты (рис.5) для двух случаев.

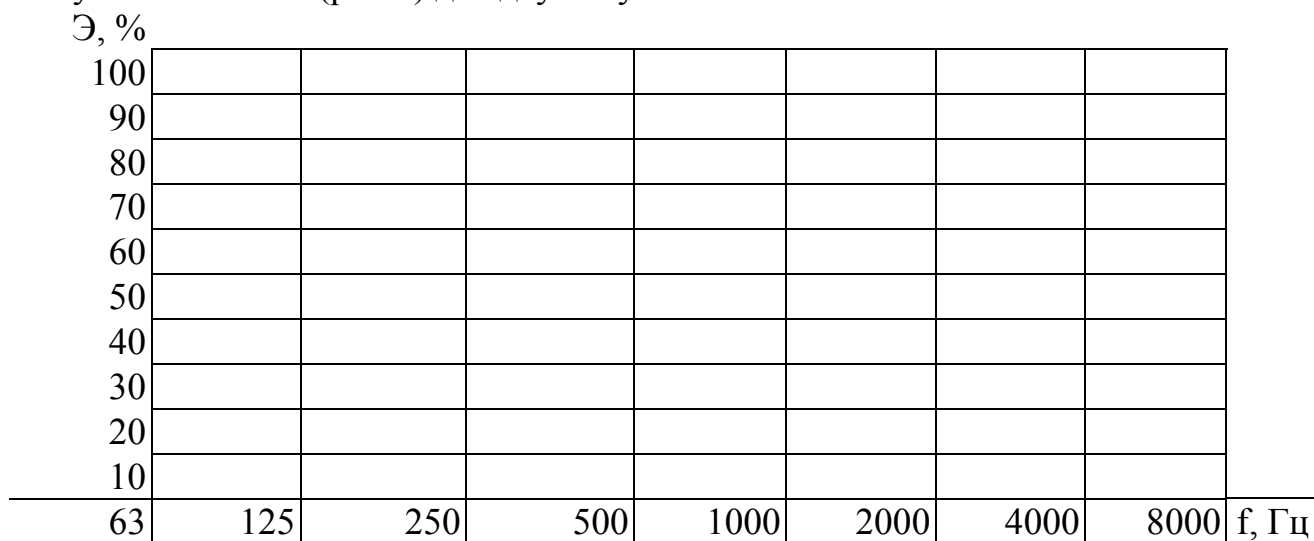


Рис.5. Эффективность установки звукоизолирующего кожуха

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ "ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ"

Цель лабораторной работы – ознакомить студентов с теорией производственных шумов, физической сущностью и инженерным расчетом звукоизоляции, с приборами для измерения шума, нормативными требованиями к производственным шумам, провести измерения шума объекта, оценить эффективность мероприятий по снижению шума звукопоглощающими облицовками.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Применение звукопоглощающих облицовок и штучных (объемных) конструкции для снижения шума

Акустическая облицовка помещений производится для уменьшения интенсивности падающих и отраженных звуковых волн в целях снижения уровня шума в помещении. При отражении звуковой волны от преграды часть звуковой энергии теряется: преобразуется в тепло или проходит сквозь преграду. Потери энергии характеризуются коэффициентом звукопоглощения поверхности

$$\alpha_0 = \frac{(I_{\text{пад}} - I_{\text{отр}})}{I_{\text{пад}}}, \quad (1)$$

где: $I_{\text{пад}}$ и $I_{\text{отр}}$ – интенсивности падающей и отраженной звуковых волн.

Звук в помещении поглощается не только на поверхностях, но и в воздушном объеме вследствие теплопроводности воздуха, его вязкости и молекулярной диссипации. Интенсивность звукового луча в помещении после каждого отражения и последующего свободного пробега убывает за счет поглощения, умножаясь (в среднем) на множитель

$$(1 - \alpha_0) \exp(-m\bar{l})$$

где: m – постоянная затухания звуковой энергии в воздухе, м^{-1} ;
 \bar{l} – средняя длина свободного пробега звуковых лучей в помещении $\bar{l} = \frac{4V}{S_{\text{огр}}}$;

где: V – объем помещения;
 $S_{\text{огр}}$ – площадь ограждающих поверхностей.

В акустике помещений этот множитель обозначают $(1 - \alpha)$ и используют в акустических расчетах средний коэффициент звукопоглощения в помещении

$$\alpha = 1 - (1 - \alpha_0) e^{-m\bar{l}} \quad (2)$$

Поглощение в воздухе дает большой вклад в α в полосах частот 4000 и 8000 Гц. В практических расчетах коэффициента нужно вычислять по правилу: для октавных полос 63 – 1000 Гц $\alpha = \alpha_0$, где α_0 определяется по табл. 1; для октавных полос 2000 – 8000 Гц α_0 вычисляется по формуле (1).

Необходимость и целесообразность применения акустической облицовки помещений для снижения шума выявляется акустическим расчетом. Звукопоглощающие конструкции следует применять, когда требуемое снижение уровня звукового давления $\Delta L_{тр}$, дБ, в отраженном поле превышает 3 дБ не менее, чем в трех октавных полосах или превышает 5 дБ хотя бы в одной из октавных полос. В расчетных точках, выбранных на рабочих местах, требуемое снижение уровня звукового давления должно превышать, соответственно, 1 дБ и 3 дБ.

При этом наиболее целесообразно применять акустическую облицовку помещений там, где до ее применения средний коэффициент звукопоглощения α в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 1000 Гц не превышал величины 0,25, а расчетные точки расположены преимущественно в зоне отраженного поля. В табл. 1 приложения приведены усредненные значения измеренных реверберационным методом коэффициентов α_0 для цехов текстильной и легкой промышленности.

Звукопоглощающие облицовки, как правило, размещают на потолке помещения и на верхних частях стен. Для достижения максимально возможного поглощения рекомендуется облицовывать не менее 60% общей площади ограждающих помещение поверхностей. Размещение акустической облицовки на потолке помещения наиболее рационально при высоте помещения не более 6–8 м. В узких и очень высоких помещениях целесообразно размещать акустическую облицовку на стенах, оставляя только нижние части стен (2 м высоты) необлицованными.

Если стены помещения и перекрытие запроектированы светопрозрачными и площадь свободных поверхностей мала, рекомендуется дополнительно применять штучные (объемные) звукопоглотители различных конструкций. Штучные звукопоглотители могут применяться для акустической обработки помещений и в качестве самостоятельных звукопоглотителей.

Эффективность применения акустической облицовки в шумных помещениях зависит от акустических характеристик выбранных конструкций, способов и места их размещения, размеров помещения и места расположения расчетных точек. Расчет следует производить для каждой из восьми октавных полос со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

В производственных помещениях с источниками шума высокой интенсивности звукопоглощающие облицовки и штучные звукопоглотители, как правило, применяются в сочетании с другими известными мероприятиями по ограничению шума (звукоизолирующие кожухи, выгородки, экраны и т.п.), так как максимальная величина снижения шума в зоне отраженного поля (на достаточном удалении от источника шума) при акустической обработке помещений, как правило, не превышает 8–10 дБ в области низких частот и 10–12 дБ в области максимальных значений коэффициентов звукопоглощения.

1.2. Расчет акустических характеристик помещения

Акустические характеристики существующих, реконструируемых и проектируемых помещений определяются расчетом и перед началом проектирования позволяют установить целесообразность акустической обработки помещений.

Акустическими характеристиками помещения являются:

- постоянная помещения B , м^2 ;
- эквивалентная площадь звукопоглощения A , м^2 ;
- средний коэффициент звукопоглощения α .

Эквивалентная площадь звукопоглощения определяется по формуле

$$A = \frac{B \cdot S}{B + S} = \frac{B}{\frac{B}{S} + 1}, \quad (3)$$

где: S – общая суммарная площадь ограждающих поверхностей помещения, м^2 .

Средний коэффициент звукопоглощения α определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{B}{B + S}. \quad (4)$$

Если акустическая облицовка проектируется для реконструируемых или уже построенных помещений, то величину B следует определять экспериментально, путем измерения времени реверберации T , (с), и последующим вычислением по формуле:

$$B = \frac{A}{1 - \alpha}, \quad (5)$$

где: A – эквивалентная площадь звукопоглощения, определяемая соотношением:

$$A = 0,16 \frac{V}{T} \quad (6)$$

где: V – объем помещения, м^3 ;
 α – средний коэффициент звукопоглощения, вычисляемый по формуле $\alpha = A/S$.
 S – общая суммарная площадь ограждающих поверхностей. м^2 .

1.3. Характеристики звукопоглощающих конструкции

Среди всего многообразия применяющихся в настоящее время конструкций звукопоглощающих облицовок можно выделить три основные группы. К первой группе звукопоглощающих элементов, получивших наибольшее распространение и называемых плоскими, относятся элементы, выполненные из материалов полной заводской готовности (плиты типа "Акмигран", ПА/С, ПА/О, и др.), а также в виде съемных кассет из перфорированных (металлических, асбоцементных, гипсовых) покрытий со звукопоглощающими слоями из ультратонкого стеклянного и базальтового волокон или минераловатных плит различных модификаций (рис.1). Конструктивные элементы этой группы характеризуются коэффициентами звукопоглощения, как правило, не превышающими 0,8-0,9, и с учетом ограниченности занимаемой ими площади в помещении обеспечиваемый такой облицовкой средний коэффициент звукопоглощения в большинстве случаев не превышает 0,5. Коэффициент звукопоглощения плоского элемента является функцией частоты звука, толщины слоя звукопоглощающего материала, угла падения звуковой волны, а для многослойных элементов еще и функцией акустических свойств защитных покрытий (ткань, пленка, перфорированное покрытие).

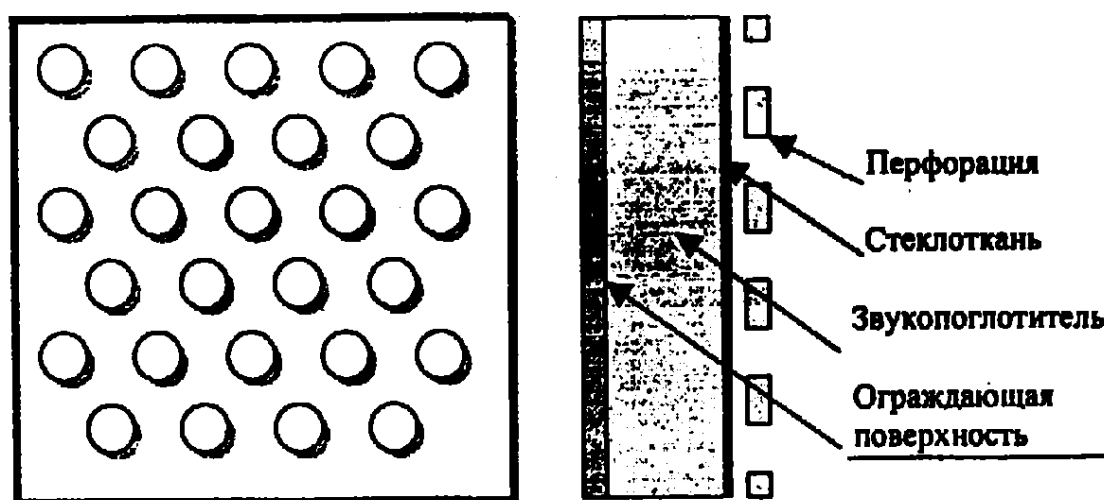


Рис. 1. Плоский звукопоглощающий элемент

Для достижения максимального поглощения рекомендуется облицовка не менее 60% общей площади поверхностей помещения.

Оценку эффективности плоских звукопоглотителей принято проводить по формуле:

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0 (S_{\text{огр}} - S_{\text{обл}}) + \Delta A}{S_{\text{огр}}}, \quad (7)$$

$$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} S_{\text{обл}}, \quad (8)$$

где: α_0 – средний коэффициент звукопоглощения ограждающих поверхностей;
 $S_{\text{огр}}$ – общая площадь ограждающих конструкций помещения, м^2 ;
 $S_{\text{обл}}$ – площадь, занятая звукопоглощающей облицовкой, м^2 ;
 ΔA – величина звукопоглощения звукопоглощающей облицовки, м^2 ;
 $\alpha_{\text{обл}}$ – реверберационный коэффициент звукопоглощения облицовки.

Вторую группу составляют так называемые объемные (штучные) звукопоглощающие элементы, отличающиеся повышенным (по сравнению с плоскими элементами) на 50-70% коэффициентом звукопоглощения за счет дополнительного поглощения вследствие явлений дифракции звуковых волн и за счет более развитой поверхности звукопоглощения. Известны два типа объемных элементов: однослойные и многослойные. Первый тип представляет собой конструкцию, изготовленную из материалов жесткой, полужесткой, зернистой, ячеистой или волокнистой структуры. Многослойный элемент состоит из легкого каркаса, имеющего форму куба, призмы, пирамиды и т.п., звукопоглощающего заполнителя из рыхлых, сыпучих волокнистых материалов и защитного покрытия из ткани или пленки и перфорированного листа (рис.2).

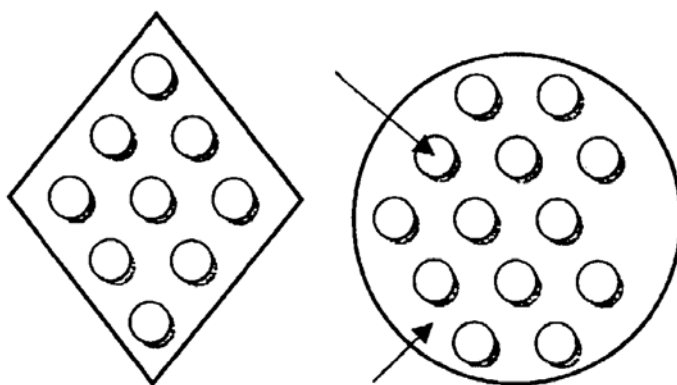


Рис. 2. Объемные (штучные) звукопоглотители

Коэффициент звукопоглощения $\alpha_{\text{Э0}}$ считается условным для объемных элементов, так как в отдельных октавных и третьоктавных полосах частот его значения превышают $\alpha_{\text{Э0}} > 1$.

Основной акустической характеристикой объемного элемента является эквивалентная площадь звукопоглощения $A_{\text{Э0}}$, связанная с $\alpha_{\text{Э0}}$ соотношением:

$$A_{\text{Э0}} = \alpha_{\text{Э0}} S_{\text{Э0}} \quad (9)$$

где: $S_{\text{Э0}}$ – площадь поверхности объемного элемента.

Таблица 2

Реверберационные коэффициенты звукопоглощения α

Конструкция	Толщина, мм	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Плита ПА/О минераловатная	20	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,20
Шита ПА/С минераловатная	20	0,02	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,70
Маты из супер-тонкого стекло-волокна	50	0,10	0,40	0,85	0,98	1,00	0,93	0,97	1,00
Минераловатная плита ПП-80	60	0,10	0,31	0,70	0,95	0,69	0,59	0,50	0,30
Супертонкое стекловолокно, гипсовая плита (с перфорацией)	100	0,90	0,66	1,00	1,00	1,00	0,96	0,70	0,55
Объемный куб, супертонкое стекловолокно	60	0,14	0,40	0,75	1,23	1,14	1,05	0,82	0,67

Третья группа звукопоглощающих элементов, являющаяся по существу одной из форм объемного элемента, два размера которого значительно превосходят третий, выделена в самостоятельную из-за исключительной простоты изготовления и монтажа, экономичности, удовлетворительного внешнего вида и высоких огнестойких качеств и получила название элементов кулисного типа. Объединенные определенным порядком размещения в пространстве помещения отдельные элементы образуют пространственную решетку (кулисного или кессонного вида), которую можно рассматривать как звукопоглощающую систему с распределенными параметрами (рис.3). Условные коэффициенты звукопоглощения системы поглотителей кулисного типа (приведенная к 1 м² поверхности ограждения величина звукопоглощения) достигают значений 2-2,5, т.е. значительно превосходят по своей эффективности элементы первой группы.

Почти все применяемые звукопоглощающие материалы и изготавливаемые на их основе средства звукопоглощения являются по своей структуре пористыми; их механизм поглощения заключается в превращении энергии звуковой волны в тепловую за счет вязкого трения в капиллярах пор или необратимых потерь при деформации упругого скелета. Исключение составляют специальные колебательные системы, часто выполняемые из непроницаемых гибких материалов, приводимые в движение под действием падающей волны. При та-

ком движении часть энергии теряется за счет внутреннего трения, сопровождающего изгибные колебания.

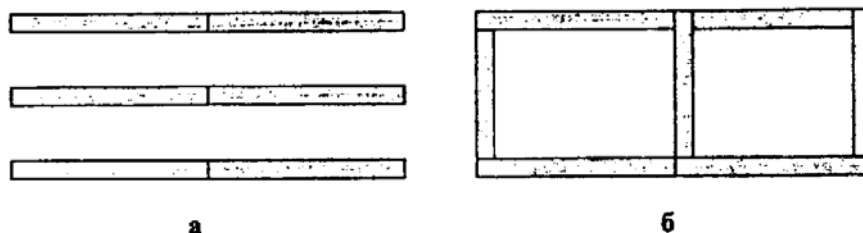


Рис.3. Схемы размещения звукопоглощающих элементов:
а) кулисы, б) кессоны

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

- Подключить стенд к электросети, с помощью тумблеров включить освещение внутри макета.
- Снять со стенда все средства звукоизоляции и звукопоглощения (звукопоглощающий кожух, звукоизолирующие перегородки, звукоизолирующий кожух). Установить микрофон из комплекта ВШВ-003 на подставке в правой камере макета.
- Подключить к стенду генератор сигналов. Установить такую амплитуду синусоидального сигнала, при которой уровень звукового давления на частоте 250 Гц, измеренный шумомером, находился бы в пределах от 90 до 100 дБ.
- С помощью шумомера измерить уровень звукового давления L_1 на частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Результаты занести в табл. 1.
- Установить звукопоглощающий кожух, моделирующий нанесение звукопоглощающей облицовки на стены и потолок помещений, и повторить измерения уровня звукового давления $Z_{\text{з.п.}}$ на тех же частотах. Результаты измерений занести в табл.1.

Таблица 1

Обозначение	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_1								
$L_{\text{з.п.}}$								

- После выполнения лабораторной работы отключить генератор и шумомер от сети. Выключить освещение помещений, отключить стенд от электросети.
- Составить отчет о лабораторной работе, в котором провести сравнение результатов замеров уровней звукового давления (табл. 1) с допустимыми зна-

чениями $L_{\text{доп}}$ по СП 3223-85 (табл. 2 Приложения) путем построения графика (рис.6).

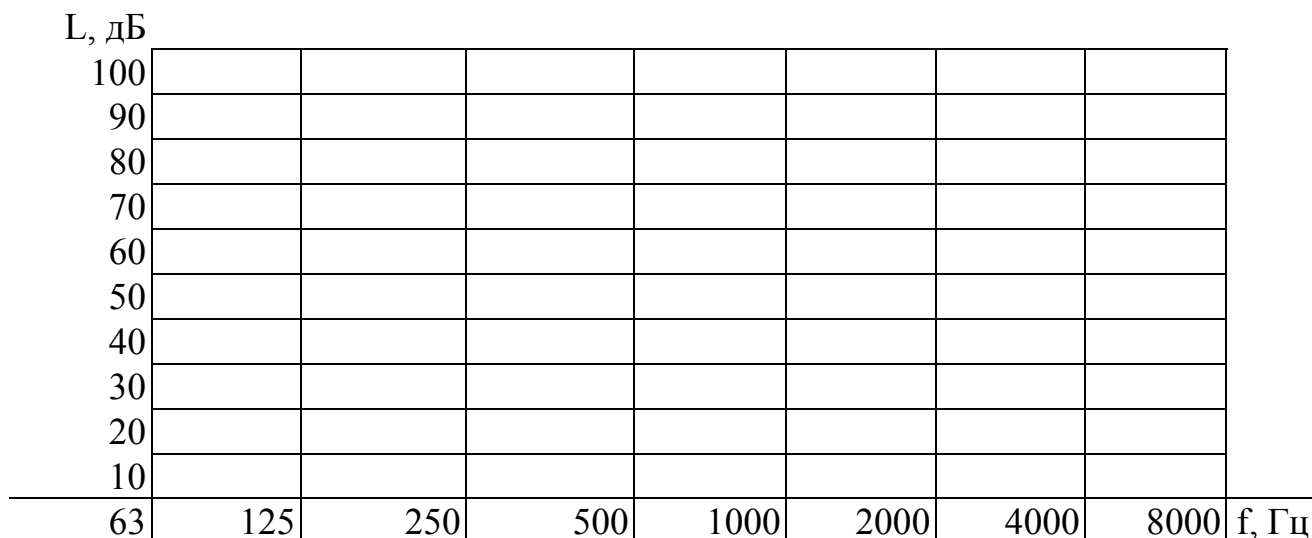


Рис.6. Уровни звукового давления

- Вычислить эффективности Ξ звукопоглощающего кожуха для двух случаев по формуле:

$$\Xi = \frac{(L_1 - L_{\text{з.п}})}{L_1} 100\%$$

- Построить графики зависимости эффективности звукоизолирующего кожуха от частоты (рис.7) для двух случаев.

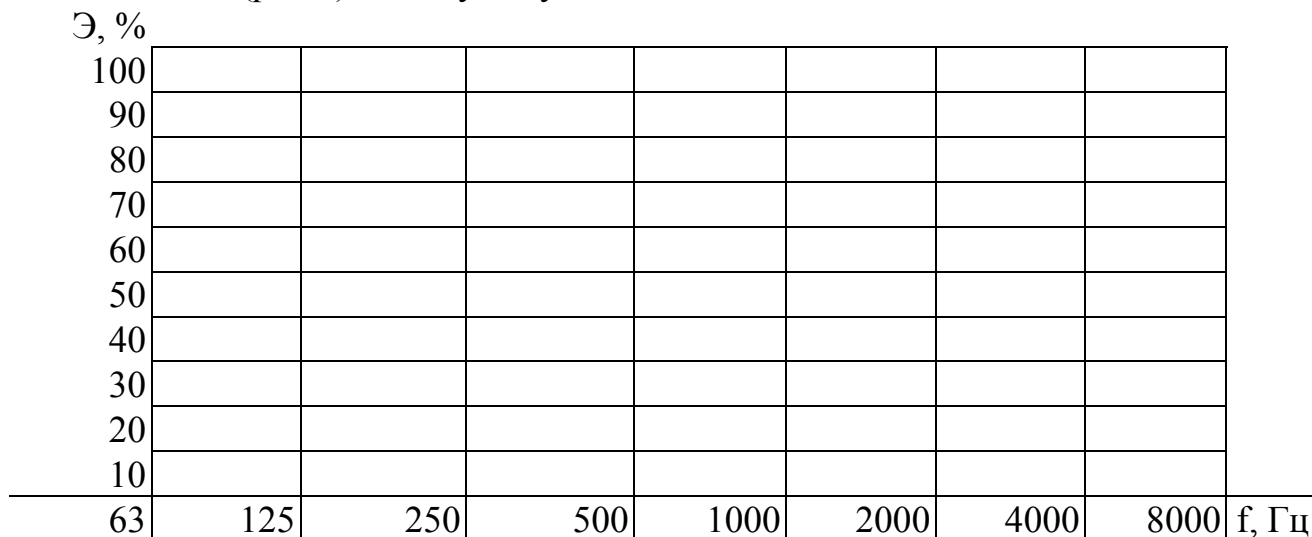


Рис.7. Эффективность установки звукопоглощающего кожуха

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Средний коэффициент звукопоглощения α_0
ограждающих поверхностей помещения

Тип помещения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Цеха текстильной и легкой промышленности	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14

Таблица 2

Нормативные значения допустимых уровней шума на рабочих местах

Рабочее место	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								Уровень звука L_A и $L_{A_{экв}}$
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ГОСТ 12.1.003-83	99	92	86	83	80	78	76	74	85
СИ 3223-85	95	87	82	78	75	73	71	69	80

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борьба с шумом в обувном производстве / А.Б. Набоков, В.М. Сергеев. – М.: Легпромбытиздат, 1991. 158с.
2. ГОСТ 200445-75. Здания и сооружения промышленных предприятий. Метод измерения шума на рабочих местах. – М.: Издательство стандартов, 1975. 21 с.
3. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов, 1984. 6 с
4. Защита от шума: Справочник проектировщика / Под ред. Е.Я. Юдина. – М.: Стройиздат, 1974.-134с.
5. Звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы / Под ред. Е. Я. Юдина,- М.: Стройиздат.-1966.-248 с.
6. Методические рекомендации по проектированию звукоизоляции машин. – Л.: ВНИИ охраны труда ВЦСПС, 1982.-58 с.
7. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения вентиляционных установок. НИИСФ Госстроя СССР, ГПИ Сантехпроекта Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1982.- 86 с.
8. СНиП II-12-77. Защита от шума: Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1978. 49 с.
9. Е.Я. Юдин, Г. Хюбнер и др. Снижение шума в зданиях и жилых районах /Под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина. – М.: Стройиздат, 1987. 558с.